

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE
CHEIAS E INUNDAÇÕES

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Estado: Paraná
Município: Morretes
Estação Pluviométrica: Morretes
Código ANA: 00254800

 SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



2015

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E
RESPOSTA A DESASTRES
INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL
EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

Município: Morretes/PR

**Estação Pluviométrica: Morretes
Código: 02548000**

**PORTO ALEGRE
2015**

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E RESPOSTA A DESASTRES

INFORMAÇÕES DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Superintendência Regional de Porto Alegre

Copyright © 2015 CPRM - Superintendência Regional de Porto Alegre
Rua Banco da Província, 105 – Santa Tereza
Porto Alegre - RS - 90.840-030
Telefone: (51) 3406-7300
Fax: (51) 3233-7772
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Morretes. Estação Pluviométrica: Morretes, Código 02548000. Adriana Burin Weschenfelder; Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Porto Alegre: CPRM, 2015.

13p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II - WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K. e PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil e

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Carlos Eduardo de Souza Braga

SECRETÁRIO EXECUTIVO

Márcio Pereira Zimmermann

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

Presidente

Carlos Nogueira da Costa Junior

Vice-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Conselheiros

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Manoel Barreto da Rocha Neto

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Roberto Ventura Santos

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Antônio Carlos Bacelar Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Eduardo Santa Helena

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

José Leonardo Silva Andriotti
Superintendente

Marcos Alexandre de Freitas
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

João Angelo Toniolo
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Ana Claudia Viero
Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Alexandre Goulart
Gerente de Administração e Finanças

PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Departamento de Gestão Territorial

Cássio Roberto da Silva

Divisão de Hidrologia Aplicada

Achiles Eduardo Guerra Castro Monteiro

Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico

Eber José de Andrade Pinto

Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade

Sandra Fernandes da Silva

Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico

Andressa Macêdo Silva de Azambuja-Sureg/BE

José Alexandre Moreira Farias-REFO

Karine Pickbrenner-Sureg/PA

Equipe Executora

Adriana Burin Weschenfelder – Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli-Sureg/SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silvado Nascimento – RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Oswalcélio Mercês Furtunato – Sureg/SA

Sistema de Informações Geográficas e Mapa

Ivete Souza do Nascimento – Sureg/BH

Apoio Técnico

Betania Rodrigues dos Santos – Sureg/GO

Celina Monteiro – Sureg/BE

Danielle Cutolo – Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar – Sureg/SP

Eliamara Soares Silva – RETE

Priscila Nishihara Leo – Sureg/SP

APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Morretes onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Morretes, código 02548000, localizada no referido município.

1 - INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Morretes.

O município de Morretes está localizado no Estado do Paraná, na microrregião de Paranaguá, fazendo fronteira com os municípios de Antonina, Paranaguá, Guaratuba, São José dos Pinhais, Piraraquara, Quatro Barras e Campina Grande do Sul. O município de Morretes possui área de 684,580 km² (IBGE) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 8,5 metros. Segundo o censo do IBGE, apresentava no ano de 2010 uma população de 15.718 habitantes.

A estação Morretes, código 02548000, está localizada na Latitude 25°28'00"S e Longitude 48°50'00"W. Esta estação pluviométrica é de responsabilidade da ANA e sua operação é realizada pela Aguas do Paraná. Esta estação fica inserida na sub-bacia 82, sub-bacia dos rios Nhundiaquara, Itapocu e outros, na sua porção inserida no estado do Paraná, mais especificamente na sub-bacia do Rio Nhundiaquara, um dos principais corpos hídricos formadores da baía do Paranaguá.

Os dados para definição da equação IDF foram obtidos a partir dos registros de precipitação de uma estação pluviométrica convencional, no período de setembro de 1940 até dezembro de 2014. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

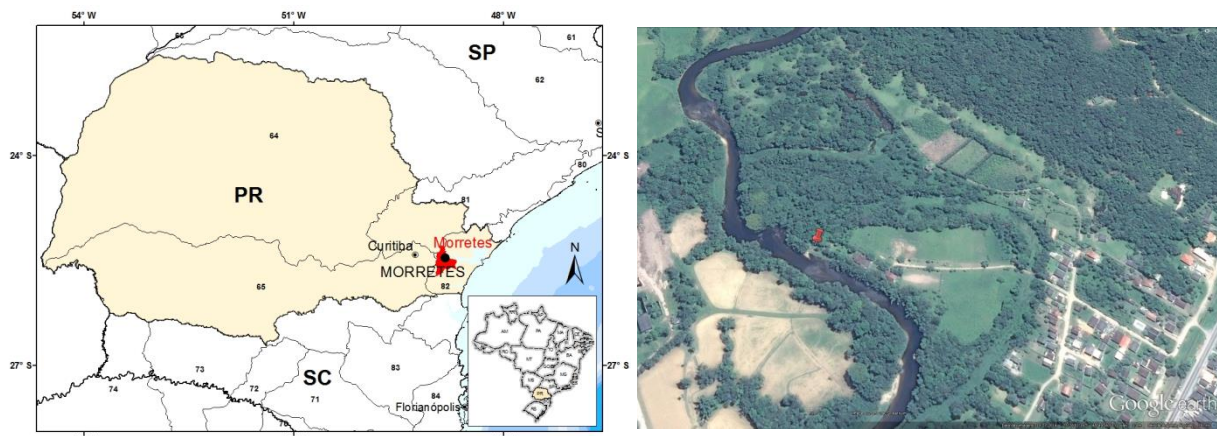


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: GOOGLE 2015)

2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da Estação Morretes, código 02548000, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (01/Set a 31/Ago), apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a GEV (Generalizada de Valores Extremos), com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982), para o município de Paranaguá. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

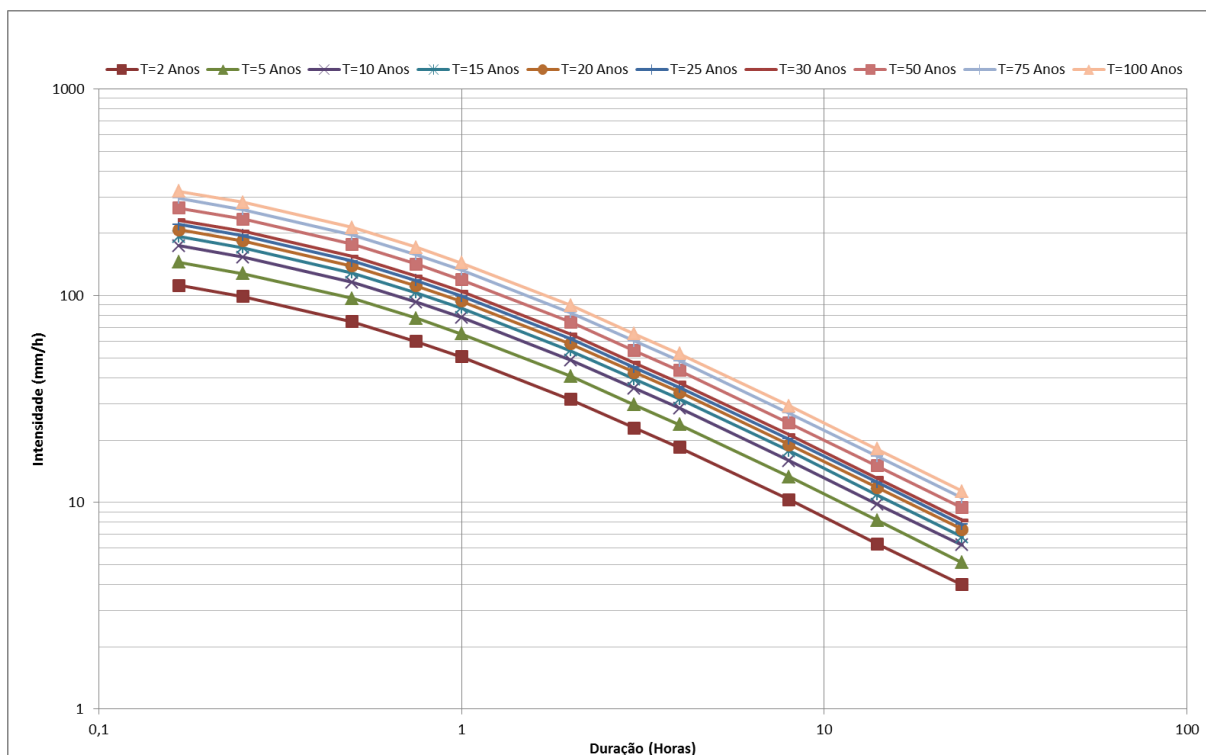


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (01)$$

Onde:

i é a intensidade da chuva (mm/h)

T é o tempo de retorno (anos)

t é a duração da precipitação (minutos)

a, b, c, d são parâmetros da equação

No caso de Morretes os parâmetros da equação são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t < 24\text{h}$$

$a = 1254,6$; $b = 0,2655$; $c = 34,7$ e $d = 0,8131$;

$$i = \frac{1254,6T^{0,2655}}{(t+34,7)^{0,8131}} \quad (02)$$

A equação acima é válida para tempos de retorno até 100 anos e durações de 5 minutos a 24 horas.

A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h.

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	75,6	96,4	115,9	129,1	139,3	147,8	155,1	167,4	177,7	186,5	197,9	207,7	213,6
10 Minutos	68,6	87,5	105,2	117,2	126,5	134,2	140,9	152,1	161,3	169,3	179,7	188,6	193,9
15 Minutos	63,0	80,3	96,5	107,5	116,0	123,1	129,2	139,5	148,0	155,3	164,8	173,0	177,9
20 Minutos	58,2	74,3	89,3	99,4	107,3	113,9	119,5	129,0	136,9	143,7	152,5	160,0	164,6
30 Minutos	50,8	64,8	77,9	86,8	93,6	99,4	104,3	112,6	119,4	125,4	133,0	139,6	143,6
45 Minutos	42,9	54,7	65,8	73,2	79,0	83,9	88,0	95,0	100,8	105,8	112,3	117,8	121,2
1 HORA	37,3	47,5	57,2	63,6	68,7	72,9	76,5	82,6	87,6	92,0	97,6	102,4	105,3
2 HORAS	25,0	31,9	38,3	42,7	46,1	48,9	51,3	55,4	58,8	61,7	65,5	68,7	70,7
3 HORAS	19,2	24,4	29,4	32,7	35,3	37,5	39,3	42,4	45,0	47,3	50,2	52,6	54,1
4 HORAS	15,7	20,0	24,0	26,8	28,9	30,7	32,2	34,7	36,9	38,7	41,0	43,1	44,3
5 HORAS	13,4	17,0	20,5	22,8	24,6	26,1	27,4	29,6	31,4	32,9	35,0	36,7	37,7
6 HORAS	11,7	14,9	17,9	19,9	21,5	22,8	24,0	25,9	27,5	28,8	30,6	32,1	33,0
7 HORAS	10,4	13,3	16,0	17,8	19,2	20,4	21,4	23,1	24,5	25,7	27,2	28,6	29,4
8 HORAS	9,4	12,0	14,4	16,1	17,3	18,4	19,3	20,8	22,1	23,2	24,6	25,9	26,6
12 HORAS	6,9	8,8	10,6	11,8	12,7	13,5	14,2	15,3	16,2	17,0	18,0	18,9	19,5
14 HORAS	6,1	7,8	9,4	10,4	11,3	12,0	12,6	13,5	14,4	15,1	16,0	16,8	17,3
20 HORAS	4,6	5,9	7,1	7,9	8,5	9,0	9,5	10,2	10,9	11,4	12,1	12,7	13,1
24 HORAS	4,0	5,1	6,1	6,8	7,4	7,8	8,2	8,9	9,4	9,9	10,5	11,0	11,3

Tabela 02 – Altura de chuva em mm

Duração da chuva	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	6,3	8,0	9,7	10,8	11,6	12,3	12,9	14,0	14,8	15,5	16,5	17,3	17,8
10 Minutos	11,4	14,6	17,5	19,5	21,1	22,4	23,5	25,3	26,9	28,2	29,9	31,4	32,3
15 Minutos	15,7	20,1	24,1	26,9	29,0	30,8	32,3	34,9	37,0	38,8	41,2	43,3	44,5
20 Minutos	19,4	24,8	29,8	33,1	35,8	38,0	39,8	43,0	45,6	47,9	50,8	53,3	54,9
30 Minutos	25,4	32,4	39,0	43,4	46,8	49,7	52,1	56,3	59,7	62,7	66,5	69,8	71,8
45 Minutos	32,2	41,0	49,3	54,9	59,3	62,9	66,0	71,3	75,6	79,4	84,2	88,4	90,9
1 HORA	37,3	47,5	57,2	63,6	68,7	72,9	76,5	82,6	87,6	92,0	97,6	102,4	105,3
2 HORAS	50,0	63,8	76,7	85,4	92,2	97,8	102,7	110,8	117,6	123,4	130,9	137,4	141,3
3 HORAS	57,5	73,3	88,1	98,1	105,9	112,4	118,0	127,3	135,1	141,8	150,5	157,9	162,4
4 HORAS	62,7	80,0	96,2	107,1	115,6	122,7	128,7	139,0	147,4	154,7	164,2	172,3	177,2
5 HORAS	66,8	85,2	102,4	114,0	123,1	130,6	137,0	147,9	156,9	164,7	174,8	183,5	188,7
6 HORAS	70,1	89,4	107,4	119,6	129,1	137,0	143,8	155,2	164,7	172,9	183,4	192,5	198,0
7 HORAS	72,9	92,9	111,7	124,4	134,3	142,5	149,5	161,4	171,3	179,8	190,7	200,2	205,9
8 HORAS	75,3	96,0	115,4	128,6	138,8	147,2	154,5	166,8	177,0	185,8	197,1	206,9	212,7
12 HORAS	82,7	105,5	126,8	141,3	152,5	161,8	169,8	183,3	194,5	204,1	216,6	227,3	233,8
14 HORAS	85,6	109,2	131,3	146,2	157,8	167,4	175,7	189,7	201,2	211,2	224,1	235,2	241,9
20 HORAS	92,4	117,9	141,7	157,8	170,3	180,7	189,7	204,7	217,2	228,0	241,9	253,9	261,1
24 HORAS	96,0	122,4	147,1	163,9	176,9	187,7	197,0	212,6	225,6	236,8	251,2	263,7	271,2

3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, no município de Morretes, foi registrada uma Chuva de 90 mm com duração de 45 minutos, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial urbana da cidade. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[\frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 90 mm dividido por 0,75 h é igual a 120 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[\frac{120(45 + 34,7)^{0,8131}}{1254,6} \right]^{1/0,2655} = 96,4 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 96,4 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1 %, ou

$$P(i \geq 120 \text{ mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{96,4} 100 = 1\%$$

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em agosto de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=411620>. Acesso em agosto de 2015.

PFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*. 2ª ed. DNOS, 1982.

WIKIPEDIA, 2015. Ficheiro – Morretes. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Morretes>. Acesso em: agosto de 2015.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (01/Set a 31/Ago)

AI	AF	Data	Precipitação Máxima Diária (mm)
1939	1940	25/03/40	91,2
1940	1941	06/05/41	66,8
1941	1942	04/07/42	87,4
1942	1943	21/11/42	70,8
1943	1944	23/02/44	82,5
1944	1945	27/11/44	73,5
1948	1949	06/03/49	131,0
1949	1950	29/01/50	62,3
1950	1951	17/02/51	79,2
1951	1952	02/02/52	76,3
1952	1953	30/01/53	81,3
1953	1954	02/04/54	105,1
1954	1955	17/12/54	79,8
1955	1956	29/12/55	72,3
1956	1957	31/10/56	59,4
1957	1958	15/03/58	96,8
1958	1959	31/10/58	58,3
1959	1960	29/02/60	58,2
1960	1961	27/11/60	104,2
1961	1962	27/11/61	72,0
1962	1963	11/03/63	71,2
1963	1964	10/11/63	80,6
1964	1965	29/04/65	86,3
1965	1966	04/04/66	60,4
1966	1967	12/12/66	65,4
1967	1968	03/12/67	65,6
1968	1969	24/06/69	88,3
1969	1970	14/11/69	90,8
1970	1971	22/12/70	76,4
1972	1973	24/12/72	100,0
1973	1974	13/03/74	76,6
1974	1975	17/07/75	85,4
1975	1976	20/02/76	84,0
1976	1977	05/02/77	162,0
1977	1978	13/08/78	75,0
1978	1979	05/11/78	79,6
1979	1980	17/01/80	81,4

1980	1981	10/01/81	97,2
1981	1982	24/06/82	86,0
1982	1983	07/02/83	122
1983	1984	13/06/84	58,0
1984	1985	12/11/84	69,6
1985	1986	13/02/86	88,0
1986	1987	13/01/87	120,0
1987	1988	23/05/88	75,0
1988	1989	10/01/89	130,0
1989	1990	19/07/90	100,0
1990	1991	21/11/90	84,0
1991	1992	16/07/92	125,9
1992	1993	17/02/93	120,0
1994	1995	11/01/95	104,8
1995	1996	26/12/95	76,6
1996	1997	29/12/96	100,8
1997	1998	19/06/98	100,3
2000	2001	31/01/01	88,2
2001	2002	13/01/02	93,6
2002	2003	07/07/03	82,1
2003	2004	25/01/04	213,2
2004	2005	25/05/05	75,9
2005	2006	29/03/06	73,7
2006	2007	22/12/06	144,4
2007	2008	05/01/08	111,2
2008	2009	12/11/08	106,1
2009	2010	23/04/10	113,9
2010	2011	12/03/11	321,2
2011	2012	05/06/12	115,0
2012	2013	21/06/13	101,6
2013	2014	13/03/14	80,3

ANEXO II

As razões entre as alturas de chuvas de diferentes durações obtidas a partir das relações IDF estabelecidas por Pfafstetter (1982) para o município de Paranaguá.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 5 min/1h
0,89	0,79	0,65	0,52	0,39	0,66	0,43	0,17

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional. Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF).

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar
Brasília – DF – CEP: 70830-030
Tel: 61 2192-8252
Fax: 61 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255
Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248
Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059
Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

Superintendência Regional de Porto Alegre

Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa
Porto Alegre - RS - CEP: 90840-030
Tel.: 51 3406-7300 - Fax: 51 3233-7772

Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949
E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370
E-mail: marketing@cprm.gov.br

Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495
E-mail: ouvidoria@cprm.gov.br

Serviço de Atendimento ao Usuário – SEUS

Tel: 21 2295-5997 - Fax: 21 2295-5897
E-mail: seus@cprm.gov.br

www.cprm.gov.br

